

Dr hab. inż. Marcin Lutyński, prof. PŚ
Katedra Geoinżynierii i Eksploatacji Surowców
Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa
i Automatyki Przemysłowej
Politechnika Śląska, Gliwice

RECENZJA

pracy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Koziel

pt.: „Analiza parametrów układu skała – gaz w aspekcie możliwości predykcji zjawisk gazogeodynamicznych w kopalniach rud miedzi w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym”

1. Przedmiot recenzji

Przedmiotem recenzji jest praca doktorska pt.: „Analiza parametrów układu skała – gaz w aspekcie możliwości predykcji zjawisk gazogeodynamicznych w kopalniach rud miedzi w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym”. Autorem pracy jest mgr inż. Katarzyna Koziel ubiegający się o stopień doktora nauk technicznych przed Radą Naukową Instytutu Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk w Krakowie. Promotorem pracy doktorskiej jest Dr hab. inż. Norbert Skoczylas, prof. IMG PAN, a promotorem pomocniczym Dr inż. Krzysztof Soroko z KGHM Polska Miedź S.A.

Podstawą formalną opracowania recenzji jest pismo Z-cy Dyrektora Instytutu do Spraw Naukowych dr hab. inż. Krzysztofa Tajdusia z dnia 27 października 2021 roku.

2. Ogólna charakterystyka recenzowanej pracy

Recenzowana praca liczy, wraz ze spisem literatury i załącznikami, 143 strony. Praca składa się z sześciu zasadniczych rozdziałów tj. Wstępu, Badań laboratoryjnych parametrów opisujących układ skała-gaz, Badań przebiegu wyrzutu skał i gazów z zastosowaniem autorskiej aparatury, rozdziału poświęconemu bilansowi energetycznemu oraz rozdziału opisującego koncepcję zasad oceny zagrożenia wyrzutami skał i gazów w kopalniach rud miedzi. Na końcu pracy znajduje się podsumowanie, cztery załączniki, spis rysunków, tabel oraz spis literatury. Spis literatury liczy 106 pozycji, z czego 22 (21%) pozycje wydane zostały w okresie ostatnich 5 lat.

Pierwszy rozdział pracy stanowi Wprowadzenie, w którym Doktorantka uzasadniła cel podjęcia przedmiotowych badań. Dokonała wprowadzenia do zagadnienia i szczegółowo opisała zdarzenia związane z wyrzutami skał w KGHM PM S.A. Przeanalizowała także czynniki determinujące możliwość wystąpienia zjawisk gazogeodynamicznych. Zwięźle nakreślono także problem wyrzutów skał i gazów w kopalniach węgla kamiennego uzasadniając, że podjęte badania mają charakter nowatorski, gdyż zjawisko wyrzutu skał i gazów w kopalniach KGHM jest istotnie różnie od tego, jakie występuje w kopalniach węgla kamiennego. Jako główny cel pracy obrano identyfikację fizycznych parametrów układu skała-gaz, które mają znaczący wpływ na prawdopodobieństwo zaistnienia wyrzutu. Założonym efektem pracy miało być opracowanie klasyfikacji i zasad oceny zjawisk gazogeodynamicznych w kopalniach rud miedzi. Doktorantka postawiła tezę, która brzmi: *„Istnieje grupa parametrów opisujących układ skała-gaz, za pomocą których można określić możliwość występowania zjawisk gazogeodynamicznych w kopalniach rud miedzi LGOM”*.

Drugi rozdział pracy dotyczy badań laboratoryjnych, którym poddano rdzenie skał pobranych z wyrobisk zaliczonych do jednej z dwóch kategorii zagrożeń wyrzutem skał i gazów. Rdzenie badane były pod kątem zawartości gazu w strukturze porowej, parametrów opisujących strukturę porową oraz parametrów wytrzymałościowych. Uzyskane parametry porównano z danymi literaturowymi uzyskując zgodne zakresy parametrów. W celu potwierdzenia zasadniczego założenia pracy, iż wyrzut w skałach poddanych badaniom (dolomitach) jest istotnie różny od tego zjawiska w kopalniach węgla wykonane zostały analizy pojemności sorpcyjnej dolomitu i zestawione z izotermą sorpcji dla węgla. Badania wykazały, że pojemność sorpcyjna dolomitu względem metanu w porównaniu do węgla jest znikoma, tym samym potwierdzając słuszność przyjętych na wstępie założeń.

W rozdziale trzecim przeprowadzono szereg badań z zastosowaniem autorskiej aparatury, których celem było określenie rodzaju przemiany termodynamicznej zachodzącej podczas dekompresji gazu, a w konsekwencji oceny energii gazu zawartego w strukturze porowej skały. W rozdziale tym, eksperymentalnie wyznaczono pracę rozdrabniania proponując autorską metodę jej oceny. Ocena energii potrzebnej do transportu mas powyrzutowych została przeprowadzona w specjalnie zbudowanym tunelu aerodynamicznym, w którym obserwowano ruch ziaren pod wpływem działania sił poruszającego się gazu. Dzięki tym badaniom oceniono między innymi współczynnik tarcia statycznego, konieczny do wyznaczenia średniej prędkości gazu. Na podstawie obserwacji zaproponowano model przebiegu transportu. Porównano także pracę transportu jaką

wykonuje gaz poruszający się z określoną prędkością do pracy jaka została wykonana aby masy skalne przenieść na określoną odległość.

W rozdziale czwartym obliczono bilans energetyczny zjawiska w oparciu o uzyskane dane eksperymentalne. Analiza danych z dwóch wyrzutów w KGHM SA tj. w O/ZG „Rudna” w 2009 roku jak i w O/ZG „Polkowice-Sieroszowice” w 2018 roku wykazała, że energia gazu była wystarczająco wysoka do rozdrobnienia skały i transportu pokruszonego materiału.

Rozdział piąty opisuje koncepcję zasad oceny zagrożenia wyrzutami skał i gazów w oparciu w oparciu o najistotniejsze parametry. Wykonano także ocenę zagrożenia wyrzutowego, ustalono warunki brzegowe i wykonano ocenę zagrożenia w oparciu o ocenę progową oraz ciągłą oparta o logikę rozmytą.

Praca kończy się podsumowaniem. Szkoda, że nie umieszczono krótkiego rozdziału z wnioskami.

Należy nadmienić, że praca jest bardzo starannie przygotowana pod względem edytorskim i graficznym, napisana stylistycznie poprawnym językiem, a błędy literowe czy interpunkcyjne są nieliczne.

Analizując cel pracy oraz postawiony problem badawczy uważam, że przyjęty temat pracy doktorskiej jest niezmiernie ciekawy i nowatorski. Analizowane zagadnienia są wielowątkowe lecz kompleksowo opisują problem proponując rozwiązanie, które nie tylko jest istotne z punktu widzenia naukowego, lecz ma także wymiar praktyczny i może przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa eksploatacji w kopalniach rud miedzi.

3. Merytoryczna ocena pracy

W pracy podjęto problem, który w ostatnich latach pojawił się w trakcie eksploatacji złóż rud miedzi w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym i dotyczy wyrzutów gazów i skał – zjawiska, które od lat towarzyszy eksploatacji pokładów węgla. Oczywiście w przypadku węgla zjawisko to związane jest z metanem, który naturalnie towarzyszy pokładom węgla. Mechanizm generacji i akumulacji gazów w węglu jest dobrze znany. Z tego względu zjawisko wyrzutów gazów i skał jest analizowane od lat, a podstawowe parametry, które mają na nie wpływ takie jak porowatość, dyfuzyjność, czy gazoność są dobrze scharakteryzowane i skwantyfikowane. Dlatego też podjęcie się tematu, który dotyczy analizy parametrów układu skała – gaz w aspekcie możliwości predykcji zjawisk gazogeodynamicznych w kopalniach rud miedzi jest bardzo ambitne. Doktoranta podjęła się analizy istotnego problemu, który bezpośrednio związany jest z bezpieczeństwem pracy załóg

górnictwa. Oprócz tego, jakże istotnego aspektu, praca jest dobrze podbudowana naukowo i stanowi nowatorskie podejście do problemu z zastosowaniem autorskich metod. Należy dodać, że literatura przedmiotowa w tym temacie jest stosunkowo skąpa, a odniesienia do wyrzutów gazów i skał w kopalniach węgla nie mogą stanowić bezpośredniego odniesienia. Szeroka literatura dotycząca złóż łupków gazonośnych lub złóż typu *tight gas* również nie stanowi odpowiedniego odniesienia ze względu na zupełnie inne zakresy porowatości, przepuszczalności i mechanizmy akumulacji gazów (w przypadku łupków gazonośnych) oraz oczywiście inny sposób eksploatacji.

Tym samym, Doktorantka w przedłożonej dysertacji udowodniła, że potrafi:

- formułować problemy naukowe – jasno sprecyzowała tezę, cel pracy i zakres badań,
- zaprojektować i przeprowadzić eksperyment naukowy – eksperyment wymiany ciepła; eksperymentalna ocena współczynnika zakotwiczenia statycznego; badania w tunelu aerodynamicznym; autorska metoda oceny pracy rozdrabniania; stanowiska pomiarowe do eksperymentu statycznego weryfikującego prędkość uruchomienia transportu ziaren; eksperyment wyznaczenia współczynnika tarcia, a także opracowanie metodyki eksperymentu dynamicznego,
- opracować dane eksperymentalne oraz dopasować do nich model – analizy energii gazu; opracowanie modelu komputerowego wymiany ciepła pomiędzy ziarnem i otoczką gazową; wyznaczenie teoretycznej prędkości granicznej; wyznaczenie bilansu energetycznego procesu; zastosowanie oceny progowej i opartej o logikę rozmytą,
- na podstawie przeprowadzonych badań formułować praktyczne wnioski – opracowanie koncepcji zasad oceny zagrożenia wyrzutami skał i gazów w kopalniach rud miedzi.

Doktorantka wykazała się ponadto umiejętnością syntetycznego myślenia łącząc różne teorie z różnych specjalności dyscypliny, jak chociażby inżynieria mineralna i mechanika górotworu.

Podsumowując, stwierdzam że poziom merytoryczny pracy jest bardzo wysoki.

4. Uwagi szczegółowe

Pomimo bardzo pozytywnej oceny pracy mam kilka uwag i pytań do przedstawionych treści:

1. W rozdziale poświęconym analizie statystycznej parametrów określanych w kopalniach rud miedzi brak jest szczegółowego opisu liczby próbek na podstawie których przeprowadzono analizę statystyczną.
2. Korzystnie byłoby przedstawić dane z Tabeli 7 w formie graficznej lub spróbować nakreślić korelacje pomiędzy uzyskanymi wynikami.
3. Dlaczego pomiary w tunelu aerodynamicznym mające na celu weryfikację siły naporu prowadzone były dla wszystkich klas, oprócz klasy ziarnowej 20-50 mm, skoro klasa ta stanowi 29,73% wchodu w masach powyrzutowych (Tabela 14), a klasy drobne poniżej 4 mm jedynie 16%?
4. W przypadku równania 45 obliczono prędkość dla klasy ziarnowej 8-20 mm jako tej o największym udziale procentowym (30,88%). Prędkość ta jest niższa o prawie 20% od eksperymentalnie wyznaczonej. W przypadku większych ziaren różnica ta wydaje się być jeszcze większa po zastosowaniu tego wzoru (aczkolwiek wyliczenia te nie są precyzyjne ponieważ w pracy brakuje podania masy ziarna dla klasy ziarnowej 20-50 mm). Proszę o szerszą dyskusję tych rozbieżności?
5. Korzystne byłoby sformułowanie osobnego rozdziału „Wnioski”, który w skrótovej formie przedstawiłby wszystkie wnioski płynące z pracy.

Wątpliwości te winny być wyjaśnione przed dalszym publikowaniem wyników pracy.

5. Wniosek końcowy

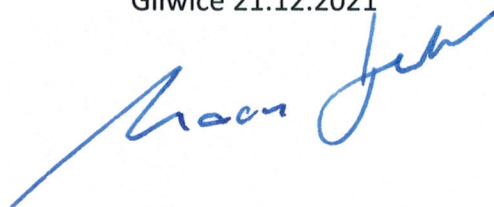
Uwagi krytyczne, które przedstawiłem powyżej nie umniejszają bardzo wysokiej wartości poznawczej i naukowej recenzowanej pracy doktorskiej. Zaproponowane metodyki badań, wysnute wnioski oraz opracowana na tej podstawie koncepcja zasad oceny zagrożenia wyrzutami skał i gazów w kopalniach rud miedzi świadczą o dużej wartości zarówno naukowej, jak i praktycznej pracy.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorantka wykazała się doskonałą umiejętnością formułowania problemów naukowych, prowadzenia badań oraz dokonywania analiz wyników. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska dotyczy dyscypliny naukowej górnictwo i geologia inżynierska (obecnie:

inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka), stanowi samodzielne rozwiązanie problemu, a Doktorantka wykazał się bardzo wysokim poziomem wiedzy teoretycznej i praktycznej.

Stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Katarzyny Kozieł pt. „*Analiza parametrów układu skała – gaz w aspekcie możliwości predykcji zjawisk gazogeodynamicznych w kopalniach rud miedzi w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym*” w pełni odpowiada warunkom określonym w art. 13 ustęp 1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z art. 179 ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce i wnoszę o dopuszczenie jej przez Radę Naukową Instytutu Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk w Krakowie do publicznej obrony.

Gliwice 21.12.2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Maciej Jankowski', is written over the date.